

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 297 606 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**07.04.2004 Patentblatt 2004/15**

(21) Anmeldenummer: **00940100.1**

(22) Anmeldetag: **23.06.2000**

(51) Int Cl.7: **H02K 3/40, H02K 15/12**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/CH2000/000345**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2001/099255 (27.12.2001 Gazette 2001/52)**

### (54) TEILENTLADUNGSFESTE ISOLIERUNG FÜR ELEKTRISCHE LEITER

INSULATION FOR ELECTRICAL CONDUCTORS THAT PRODUCES NO PARTIAL DISCHARGES

ISOLATION RESISTANT AUX DECHARGES PARTIELLES DESTINEE A DES CONDUCTEURS ELECTRIQUES

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**02.04.2003 Patentblatt 2003/14**

(73) Patentinhaber: **Von Roll Isola Winding Systems GmbH  
04720 Döbeln (DE)**

(72) Erfinder:  

- **BRANDES, Heinz  
D-79650 Schopfheim (DE)**
- **HILLMER, Thomas  
CH-4226 Breitenbach (CH)**
- **REDIGER, Jean-Luc  
F-68300 Saint-Louis (FR)**
- **JUND, François  
F-68560 Hirsingue (FR)**

• **HÄNGGI, Franz  
CH-4234 Zullwil (CH)**  
• **FERNANDEZ, José  
CH-4226 Breitenbach (CH)**

(74) Vertreter: **Zimmermann, Hans, Dr. et al  
A. Braun Braun Héritier Eschmann AG  
Holbelnstrasse 36-38  
4051 Basel (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 088 261 DE-B- 1 156.171  
FR-A- 2 230 110**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no.  
198 (M-0965), 23. April 1990 (1990-04-23) & JP 02  
039916 A (TOSHIBA CORP; OTHERS: 01), 8.  
Februar 1990 (1990-02-08)**

EP 1 297 606 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum teilentladungsfesten Isolieren eines elektrischen Leiters für elektrotechnische Anwendungen sowie dadurch erhältliche teilentladungsfeste Isolierungen und Leiter für Wicklungen von elektrischen Maschinen und Umrformern.

[0002] Ein derartiges Verfahren ist aus dem Dokumenten FR-A-2-230 110 und JP-A-02 039 916 bereits bekannt.

[0003] Elektrische Maschinen in Hochspannungsausführung werden üblicherweise mit Wicklungen aus Formspulen mit Flachdrähten (auch Profildrähte genannt) ausgeführt (vgl. Sequenz H.: Herstellung der Wicklungen elektrischer Maschinen, Wien, Springer-Verlag 1973 ab Seite 107). Eine teilentladungsfeste Isolierung für Wicklungen solcher Maschinen ist beispielsweise in DE-AS 10 56 722 beschrieben, wo die Lackprofildrähte mit einer Ubandelung aus glimmerhaltigen Isolierstoffbändern versehen und die Wicklungen mit Imprägniermitteln nach dem Vakuumimprägnierverfahren getränkt und ausgehärtet wurden. Um isolierte Formspulen aus Profildrähten in Blechpakete einzufügen zu können, ist es jedoch erforderlich, in den Bleckpaketen offene Nuten anzurichten; was sich nachteilig auf das Betriebsverhalten auswirkt, bzw. es erforderlich macht, die Nuten aufwendig mit magnetischen Nutverschlüssen zu verschließen, um diese Nachteile zu vermeiden. Zudem ist die Herstellung von Formspulenvicklungen mit Flachdrähten arbeitsintensiv und bedingt einen hohen technologischen Aufwand.

[0004] Um diese Nachteile zu vermeiden, wurde in DE-A1-198 03 308 vorgeschlagen, in halboffenen Nuten des Blechpaketes eine Nutauskleidung aus einem glimmerhaltigen Flächenisolierstoff anzurichten, in die Nuten eine Runddraht-Träufelwicklung eines mit Folien-glimmerband ein- oder mehrlagig überlappt umbandelten Wicklungsdrähtes einzulegen und jede jeweils in zwei Nuten liegende Spule in mindestens zwei übereinanderliegende, hintereinandergeschaltete und gegenüberliegenden durch Zwischenlagen isolierte Teilspulen aufzulösen. Unter halboffenen bzw. halbgeschlossenen Nuten werden dabei Nuten mit einem Nutschlitz verstanden, dessen Breite wesentlich kleiner als die Nutbreite ist, womit der Aufwand zur Einbringung magnetischer Nutverschlüsse entfällt.

[0005] Es ist andererseits bekannt, dass mit dem Einsatz gepulster Spannungswechselrichter zur Drehzahlstellung das als gelöst angesehene Problem der Ausfälle von Drehstrommaschinen durch Windungs- oder Phasenschluss in einzelnen Anwendungssituationen wieder aufgetreten ist. Um solche Ausfälle zu vermeiden, wurden Grenzwerte der Wicklungsbeanspruchung empfohlen (z.B. in der Fachzeitschrift EMA Heft 3/96), wobei aber dennoch mit einer Verringerung der Lebensdauer der elektrischen Maschine zu rechnen oder die Installation zusätzlicher Anlagekomponenten (z.B. Fil-

ter) notwendig ist.

[0006] In EP-A1-0 822 640 wurde daher eine teilentladungsfeste Niederspannungsisolierung für Wicklungen elektrischer Maschinen, insbesondere für frequenzumrichtergespeiste Drehstrommotoren, vorgeschlagen, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Wicklung aus an sich bekannten Lackdrähten besteht, dass diese Lackdrähte mit einer Ubandelung aus glimmerhaltigen Isolierstoffbändern versehen sind, dass die Nut mit Flächenisolierstoffen hoher Wärmebeständigkeit ausgekleidet ist, dass die Zahl paralleler Drähte und paralleler Zweige minimiert ist und dass die Wicklungen mit Imprägniermitteln nach dem Strom-UV-Verfahren oder dem Vakuumimprägnierverfahren getränkt und ausgehärtet sind. Durch die Minimierung paralleler Zweige und/oder Leiter soll der Erhöhung des Platzbedarfes durch die zusätzlich eingebrachte Ubandelung entgegengewirkt werden.

[0007] Es ist heute üblich, Niederspannungsmaschinen an Frequenzumrichtern mit hohen Taktfrequenzen von bis zu 20000 Hz zu betreiben. Die Problematik liegt hierbei im Auftreten von Teilentladungen zwischen benachbarten Leitern, verursacht durch die steilen Spannungsflanken der Umrichterspannung. Im ungünstigsten Fall kommt es dabei zu Überspannungen, die mehr als den doppelten Wert der Zwischenkreisspannung erreichen können. Da Teilentladungen zur Zerstörung der Lackisolierungen herkömmlicher Wicklungsdrähte führen und es dadurch zum elektrischen Durchschlag kommen kann, ist der Einsatz von Lackdrähten in umrichterbetriebenen Motoren bei Netzspannungen über 400 V problematisch.

[0008] Überraschenderweise wurde gefunden, dass die Isolierung elektrischer Leiter in verschiedener Hinsicht erheblich verbessert werden kann, wenn der Leiter mit einem Glimmierband umbandelt wird, das einen Folienträger aus einem über 150°C wärmeschrumpfbaren Polymer aufweist, und das Polymer nach dem Bandieren des Leiters einer Wärmeschrumpfung unterworfen wird.

[0009] Durch die Wärmeschrumpfung wird einerseits die Haftung der Isolierung und die Verarbeitbarkeit des isolierten Leiters erheblich verbessert, wobei insbesondere auch beim Einsatz von Blankdrähten selbst ohne Verwendung eines Klebers ein Auftrödeln der Isolierung vermieden werden kann. Andererseits bewirken die Schrumpfkräfte eine Komprimierung des Glimmers und dadurch eine erwünschte Reduzierung der Isolierungsdicke im Vergleich zur reinen Ubandelung mit Glimmierband. Das Verkleben und Schrumpfen hat ferner zur Folge, dass eine weniger zerklüftete Oberfläche erhalten wird und insbesondere die Gefahr von Taschen- und Faltenbildung infolge mechanischer Einflüsse (z.B. Biegung des Leiters) erheblich reduziert wird. Zugleich werden die elektrischen Eigenschaften, insbesondere die Spannungs- und Glimmfestigkeit sowie die Kurz- und Langzeitdurchschlagsspannungsfestigkeit, der Isolierung deutlich verbessert. Beispielsweise wurde gefun-

den, dass im Vergleich zu herkömmlichen Lackdrähten mit dieser Methode die Lebensdauer bei etwa doppelter Teilentladungseinsetzspannung um einen Faktor von etwa 2000 verbessert werden konnte.

[0010] Diese Methode ermöglicht daher Herstellung neuartiger, porenfreier und gewünschtenfalls sehr dünner Glimmerschichten mit verbesserten elektrischen Eigenschaften, die sich insbesondere für den Einsatz in elektrischen Niederspannungsmaschinen und/oder den Einsatz von Blankdrähten eignen, aber auch bei anderen elektrotechnischen Anwendungen, wie beispielsweise in elektrischen Maschinen in Hochspannungsausführung oder in Umformern überraschende Vorteile bieten. Infolge der möglichen Verringerung der Isolationsdicke kann zudem auf die in EP-A1-0 822 640 empfohlene Minimierung der Zahl paralleler Drähte und paralleler Zweige ganz oder weitgehend verzichtet werden. Falls eine besonders hohe Wärmebeständigkeit der Isolierung gewünscht ist, kann dies beispielsweise durch Verwendung eines Folienträgers aus hoch temperaturbeständigen Materialien, z.B. Polyimid, erreicht werden.

[0011] Die Erfindung betrifft daher ein Verfahren zum teilentladungsfesten Isolieren eines elektrischen Leiters für Wicklungen von elektrischen Maschinen und Umformern mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich - wie erwähnt - insbesondere zur Isolierung von Wicklungen von elektrischen Maschinen in Hoch- oder Niederspannungsausführung als auch von Transformatoren. Gemäß einer allgemein gültigen, heute unter Fachleuten verwendeten Definition von Spannungsebenen (Lexikon Elektrotechnik, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, New York, 1994, S. 625) bezeichnet im Rahmen der vorliegenden Erfindung Hochspannung eine Spannung > 1000 V, während unter Niederspannung Spannungsebenen ≤ 1000 V verstanden werden.

[0013] Die Erfindung betrifft daher ebenfalls eine teilentladungsfeste Isolierung elektrischer Leiter für Wicklungen von elektrischen Maschinen und Umformern mit den Merkmalen des Anspruchs 9 sowie einen teilentladungsfesten elektrischen Leiter mit den Merkmalen des Anspruchs 10.

[0014] Erfindungsgemäß eignen sich als elektrische Leiter grundsätzlich alle in elektrotechnischen Anwendungen gebräuchlichen Leiter, beispielsweise Rund- oder Flachdrähte in Lack- oder Blankdrahtausführung, die aus üblichen Leitermaterialien wie Kupfer, vernickeltem oder verzinnitem Kupfer, Aluminium, Nickel, Supraleitern und dergleichen bestehen und übliche Durchmesser bzw. Querschnitte aufweisen können. Vorzugsweise kann der elektrische Leiter ein Runddraht, typischerweise ein Runddraht mit einem Durchmesser von etwa 0,6 bis 4 mm, und/oder eine Blankdraht sein.

[0015] Glimmerhaltige Isolierstoffbänder, umfassend einen Folienträger aus einem über 150°C wärmeschrumpfbaren Polymer und eine mittels eines Bindemittels an dem Folienträger befestigte Glimmerschicht,

sind dem Fachmann grundsätzlich ebenfalls bekannt und in bekannter oder an sich bekannter Weise herstellbar, wobei übliche Glimmerschichten (z.B. Glimmerpapier) und übliche Bindemittel (z.B. Epoxidharze oder Silikonharze) einsetzbar sind. Geeignete Folienträger aus einem über 150°C wärmeschrumpfbaren Polymer, beispielsweise einem Polyester, Poly(ethylenterephthalat), Poly(ethylen-2,6-naphthalindicarboxylat), Polyimid oder Polycarbonat, wurden im Stand der Technik gelegentlich ebenfalls schon eingesetzt, aber dort nicht der erfindungsgemäßen Wärmeschrumpfung unterworfen. Erfindungsgemäß sind auch sehr dünne Isolierstoffbänder einsetzbar, wobei typische Banddicken etwa 0,06 bis 0,09 mm betragen können.

[0016] Gewünschtenfalls kann die Glimmerschicht des Isolierstoffbandes beidseitig mittels eines Bindemittels an einem Folienträger befestigt sein, wobei vorzugsweise beide Folienträger aus einem über 150°C wärmeschrumpfbaren Polymer bestehen können, d.h. das Isolierstoffband kann auf der vom ersten Folienträger abgewandten Oberfläche der Glimmerschicht einen zweiten Folienträger, vorzugsweise ebenfalls aus einem über 150°C wärmeschrumpfbaren Polymer, aufweisen. Diese Ausführungsform kann beispielsweise beim Einsatz von Blankdrähten von Vorteil sein und/oder, wenn das Isolierstoffband beidseitig mit Kleber beschichtet werden soll.

[0017] Gewünschtenfalls kann das Isolierstoffband ein- oder beidseitig mit Kleber, vorzugsweise einem thermohärtenden Schmelzkleber, beschichtet werden, um die Haftung des Bandes auf dem Leiter zusätzlich zu verbessern. Vorzugsweise wird der Kleber auf dem Folienträger bzw. den Folienträgern aufgebracht. Zusätzlich oder anstelle einer Beschichtung des Isolierstoffbandes mit Kleber kann gewünschtenfalls auch der elektrische Leiter mit Kleber oder einem polymerisierbaren Lack beschichtet oder ein verbackbarer Lackdraht verwendet werden.

[0018] Zur Bandierung des elektrischen Leiters mit dem glimmerhaltigen Isolierstoffband sind grundsätzlich alle üblichen Bandiermethoden geeignet, wie Radialbandierung, Tangentialbandierung, Steilbandierung, Längsbandierung etc. mit allen möglichen Überlappungen (typischerweise etwa 20%-66% Überlappung) oder gestossen. Der Leiter kann mittels manueller oder automatischer Einziehtechnik verarbeitet werden. Die Umbandierung mit Isolierstoffbändern, die nur einen Folienträger aufweisen, erfolgt vorzugsweise so, dass die Glimmeroberfläche auf den Leiter zu liegen kommt, d.h. leiterseitig (innen) angeordnet wird.

[0019] Nach erfolgter Bandierung des Leiters wird dieser zwecks Wärmeschrumpfung des Polymers einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur über 150°C, vorzugsweise etwa 200 bis 250°C, unterworfen. Dies kann vorzugsweise dadurch erfolgen, dass der Leiter nach der Bandierung durch einen Ofen (z.B. einen Induktionsofen) geführt und im Durchlauf kurzzeitig (z.B. während etwa 2 Minuten) auf die gewünschte Tempe-

ratur erhitzt wird. Langandauernde Wärmebehandlungen sollten hingegen insbesondere bei Verwendung von Folienträger aus Polymeren vermieden werden, die keine ausreichende Wärmestabilität aufweisen und daher zerstört werden könnten. Die Wärmeschrumpfung führt in der Regel zu einer signifikanten Verringerung der Banddicke; beispielsweise ergaben Versuchen mit Isolierstoffbändern einer Dicke von 0,06 mm nach der Wärmeschrumpfung eine Banddicke von 0,045 mm. Die durch die erfindungsgemäße Bandierung und Wärmebehandlung erhaltenen Isolationszunahmen sind abhängig vom verwendeten Isolierstoffband können aber typischerweise etwa 0,16 bis 0,50 mm betragen.

[0020] Gewünschtenfalls kann der isolierte Leiter zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit und der Gleiteigenschaften in an sich bekannter Weise mit Gleitmitteln, wie Paraffinen oder Wachsen, lubrifiziert werden. Alternativ kann gewünschtenfalls auch eine Überlackierung beispielsweise mit gesättigten Alkydharzen oder polymerisierbaren Lacken oder Harzen erfolgen.

[0021] Der isolierte Draht kann anschliessend in an sich bekannter Weise auf Spulen gewickelt werden. Weitere Massnahmen wie Nutisolierung, Imprägnierung der Spule etc. können, soweit erforderlich, ebenfalls in an sich bekannter Weise durchgeführt werden.

[0022] Die Erfindung wird durch das folgende Beispiel weiter veranschaulicht:

#### Beispiel

[0023] Ein blander Kupferdraht mit einem Durchmesser von 1,20 mm wird in eine Bandiermaschine gemäss dem Stand der Technik eingeführt. An einem Bandierkopf wird ein Glimmerband, das eine Dicke von 0,06 mm und eine Bandbreite von 6 mm aufweist und das aus einem 0,025 mm dicken, über 150°C wärmeschrumpfbaren Polyesterfilm und einem 0,035 mm dicken, mittels Epoxidharz am Polyesterfilm befestigten Glimmerpapier besteht und auf dem Polyesterfilm auf der vom Glimmerpapier abgewandten Seite eine Schmelzkleberbeschichtung aufweist, auf den Kupferdraht so aufgebracht, dass die Glimmerseite auf dem Kupfer liegt. Das Glimmerband wird mit einer Zugspannung von 7 N mit einer Überlappung von 25% satt und faltenfrei radialbandiert. Anschliessend wird der Draht in einem Durchlaufofen bei 220°C im Durchlauf 1,5 Minuten wärmebehandelt. Die Wärmebehandlung bewirkt eine Schrumpfung der Folie und ein Verkleben des Bandes an den überlappten Stellen. Nach der Wärmebehandlung weist der Draht eine Isolationszunahme von etwa 0,16-0,19 mm auf und wird in an sich bekannter Weise mit Paraffin lubrifiziert und auf Lieferspulen gewickelt. Die elektrische Durchschlagsspannung im Kugelbad an einem Prüfkörper, bestehend aus einem Wickel um einen Dorndurchmesser entsprechend dem 10-fachen Drahdurchmesser, muss grösser als 1500 V sein und beträgt im Durchschnitt 2500 V. Für die Teilentladungseinsetzspannung wird ein Wert von 1100 V erhalten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum teilentladungsfesten Isolieren eines elektrischen Leiters für Wicklungen von elektrischen Maschinen und Umformern durch Bandieren mit einem glimmerhaltigen Isolierstoffband, dadurch gekennzeichnet, dass zum Bandieren des Leiters ein Isolierstoffband, bestehend aus einem Folienträger aus einem über 150°C wärmeschrumpfbaren Polymer, einer mittels eines Bindemittels an dem Folienträger befestigten Glimmerschicht und gewünachtenfalls einem zweiten, auf der vom ersten Folienträger abgewandten Oberfläche der Glimmerschicht angeordneten und mittels eines Bindemittels an der Glimmerschicht befestigten Folienträger aus einem über 150°C Wärmeschrumpfbaren Polymer, verwendet und der bandierte Leiter zwecks Wärmeschrumpfung des Polymers einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur über 150°C unterworfen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Leiter ein Runddraht ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Leiter ein Blankdraht ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Glimmerschicht des Isolierscoffbands beidseitig mittels eines Bindemittels an einem Folienträger aus einem über 150°C wärmeschrumpfbaren Polymer befestigt ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das wärmeschrumpfbare Polymer ein Polyester, Poly(ethylen-terephthalat), Poly(ethylen-2,6-naphthalindicarboxylat), Polyimid oder Polycarbonat ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Isolierstoffband ein- oder beidseitig mit Kleber beschichtet ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Isolierstoffband eine Banddicke von 0,06-0,09 mm aufweist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die durch das Isolierstoffband bedingte Isolationszunahme nach der Wärmebehandlung 0,16 bis 0,50 mm beträgt.
9. Teilentladungsfeste Isolierung elektrischer Leiter für Wicklungen von elektrischen Maschinen und Umformern, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklung aus an sich bekannten elektrischen Leitern besteht, die mit einem glimmerhaltigen Isolierstoffband, bestehend aus einem Folienträger aus einem über 150°C wärmeschrumpfbaren Polymer, einer mittels eines Bindemittels an dem Folienträger befestigten Glimmerschicht und gewünachtenfalls einem zweiten, auf der vom ersten Folienträger abgewandten Oberfläche der Glimmerschicht angeordneten und mittels eines Bindemittels an der Glimmerschicht befestigten Folienträger aus einem über 150°C Wärmeschrumpfbaren Polymer, beklebt sind.

schen Leitern besteht,  
dass diese Leiter mit einer Umrandung aus glim-  
merhaltigem Isolierstoffband versehen sind, und  
dass dieses Isolierstoffband aus einem wärmege-  
schrumpften Folienträger aus einem über 150°C  
wärmeschrumpfbaren Polymer, einer mittels eines  
Bindemittels an dem Folienträger befestigten Glim-  
merschicht und gewünschtenfalls einem zweiten,  
auf der vom ersten Folienträger abgewandten  
Oberfläche der Glimmerschicht angeordneten und  
mittels eines Bindemittels an der Glimmerschicht  
befestigten wärmegegeschrumpften Folienträger aus  
einem über 150°C wärmegegeschrumpfbaren Polymer  
besteht.

10. Teilentladungsfester elektrischer Leiter für Wicklun-  
gen von elektrischen Leitern von elektrischen Ma-  
schinen und Umformern, dadurch gekennzeich-  
net,  
dass die Wicklung aus an sich bekannten elektri-  
schen Leitern besteht,  
dass diese Leiter mit einer Umrandung aus glim-  
merhaltigem Isolierstoffband versehen sind und  
dass dieses Isolierstoffband aus einem wärmege-  
schrumpften Folienträger aus einem über 150°C  
wärmeschrumpfbaren Polymer, einer mittels eines  
Bindemittels an dem Folienträger befestigten Glim-  
merschicht und gewünschtenfalls einem zweiten,  
auf der vom ersten Folienträger abgewandten  
Oberfläche der Glimmerschicht angeordneten und  
mittels eines Bindemittels an der Glimmerschicht  
befestigten wärmegegeschrumpften Folienträger aus  
einem über 150°C wärmegegeschrumpfbaren Polymer  
besteht.

3. The method as claimed in claim 1 or 2, charac-  
terized in that the electrical conductor is a bare wire.

4. The method as claimed in one of claims 1 to 3, char-  
acterized in that the layer of mica of the insulating  
tape is fastened on both sides by means of a binder  
to a film support of a polymer which can be heat-  
shrunken above 150°C.

5. The method as claimed in one of claims 1 to 4, char-  
acterized in that the heat-shrinkable polymer is a  
polyester, poly(ethyleneterephthalate), poly-(ethyl-  
ene-2,6-naphthalene dicarboxylate), polyimide or  
polycarbonate.

15. The method as claimed in one of claims 1 to 5, char-  
acterized in that the insulating tape is coated on  
one or both sides with adhesive.

20. The method as claimed in one of claims 1 to 6, char-  
acterized in that the insulating tape has a tape  
thickness of 0.06-0.09 mm.

25. The method as claimed in one of claims 1 to 7, char-  
acterized in that the increase in insulation brought  
about by the insulating tape after the heat treatment  
is 0.16 to 0.50 mm.

30. An insulation of electrical conductors that does not  
produce partial discharges for windings of electrical  
machines and transformers, characterized  
in that the winding consists of electrical conductors  
known per se,  
in that these conductors are provided with a taping  
of micaceous insulating tape, and  
in that this insulating tape consists of a heat-shrunk  
film support of a polymer which can be heat-shrunk  
above 150°C, of a layer of mica fastened to the film  
support by means of a binder and, if desired, of a  
second, heat-shrunk film support of a polymer  
which can be heat-shrunk above 150°C, arranged  
on the surface of the layer of mica facing away from  
the first film support, and fastened to the layer of  
mica by means of a binder.

35. An electrical conductor that does not produce par-  
tial discharges for windings of electrical conductors  
of electrical machines and transformers, character-  
ized  
in that the winding consists of electrical conductors  
known per se,  
in that these conductors are provided with a taping  
of micaceous insulating tape and  
in that this insulating tape consists of a heat-shrunk  
film support of a polymer which can be heat-shrunk  
above 150°C, of a layer of mica fastened to the film  
support by means of a binder and, if desired, of a  
second, heat-shrunk film support of a polymer

40. An electrical conductor that does not produce par-  
tial discharges for windings of electrical conductors  
of electrical machines and transformers, character-  
ized  
in that the winding consists of electrical conductors  
known per se,  
in that these conductors are provided with a taping  
of micaceous insulating tape and  
in that this insulating tape consists of a heat-shrunk  
film support of a polymer which can be heat-shrunk  
above 150°C, of a layer of mica fastened to the film  
support by means of a binder and, if desired, of a  
second, heat-shrunk film support of a polymer

45. An electrical conductor that does not produce par-  
tial discharges for windings of electrical conductors  
of electrical machines and transformers, character-  
ized  
in that the winding consists of electrical conductors  
known per se,  
in that these conductors are provided with a taping  
of micaceous insulating tape and  
in that this insulating tape consists of a heat-shrunk  
film support of a polymer which can be heat-shrunk  
above 150°C, of a layer of mica fastened to the film  
support by means of a binder and, if desired, of a  
second, heat-shrunk film support of a polymer

50. An electrical conductor that does not produce par-  
tial discharges for windings of electrical conductors  
of electrical machines and transformers, character-  
ized  
in that the winding consists of electrical conductors  
known per se,  
in that these conductors are provided with a taping  
of micaceous insulating tape and  
in that this insulating tape consists of a heat-shrunk  
film support of a polymer which can be heat-shrunk  
above 150°C, of a layer of mica fastened to the film  
support by means of a binder and, if desired, of a  
second, heat-shrunk film support of a polymer

55. An electrical conductor that does not produce par-  
tial discharges for windings of electrical conductors  
of electrical machines and transformers, character-  
ized  
in that the winding consists of electrical conductors  
known per se,  
in that these conductors are provided with a taping  
of micaceous insulating tape and  
in that this insulating tape consists of a heat-shrunk  
film support of a polymer which can be heat-shrunk  
above 150°C, of a layer of mica fastened to the film  
support by means of a binder and, if desired, of a  
second, heat-shrunk film support of a polymer

### Claims

1. A method of insulating an electrical conductor for windings of electrical machines and transformers in such a way that no partial discharges are produced by taping with a micaceous insulating tape, which method is characterized in that an insulating tape consisting of a film support of a polymer which can be heat-shrunk above 150°C, of a layer of mica fastened to the film support by means of a binder and, if desired, of a second film support of a polymer which can be heat-shrunk above 150°C, arranged on the surface of the layer of mica facing away from the first film support, and fastened to the layer of mica by means of a binder, is used for taping the conductor, and the taped conductor is subjected to a heat treatment at a temperature above 150°C for the purpose of heat-shrinking the polymer.
2. The method as claimed in claim 1, characterized in that the electrical conductor is a round wire.

which can be heat-shrunk above 150°C, arranged on the surface of the layer of mica facing away from the first film support and fastened to the layer of mica by means of a binder.

### Revendications

1. Procédé pour l'isolation résistant aux décharges partielles d'un conducteur électrique pour des bobines de machines et de transformateurs électriques en l'entourant avec une bande d'isolant contenant du mica, **caractérisé en ce qu'on utilise pour entourer le conducteur une bande d'isolant constituée d'un support en forme de feuille en un polymère thermorétractable au-dessus de 150°C, d'une couche de mica fixée au moyen d'un liant au support en forme de feuille et, si souhaité, d'un deuxième support en forme de feuille en un polymère thermorétractable au-dessus de 150°C, disposé sur la surface de la couche de mica opposée au premier support en forme de feuille et fixé sur la couche de mica au moyen d'un liant.**
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que le conducteur électrique est un fil rond.**
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que le conducteur électrique est un fil nu.**
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que la couche de mica de la bande d'isolant est fixée des deux côtés au moyen d'un liant à un support en forme de feuille en un polymère thermorétractable au-dessus de 150°C.**
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que le polymère thermorétractable est un polyester, un poly(téréphthalate d'éthylène), un poly(2,6-naphtalènedicarboxylate d'éthylène), un polyimide ou un polycarbonate.**
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que la bande d'isolant est revêtue d'un adhésif d'un côté ou des deux côtés.**
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que la bande d'isolant présente une épaisseur de bande de 0,06 à 0,09 mm.**
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que l'augmentation d'isolation provoquée par la bande d'isolant après le traitement thermique est de 0,16 à 0,50 mm.**
9. Isolation résistant aux décharges partielles de conducteurs électriques pour des bobines de machines et de transformateurs électriques, **caractérisée en ce que la bobine est constituée de conducteurs électriques connus en soi, en ce que ces conducteurs sont entourés d'une bande d'isolant contenant du mica et en ce que cette bande d'isolant est constituée d'un support thermorétracté en forme de feuille en un polymère thermorétractable au-dessus de 150°C, d'une couche de mica fixée au moyen d'un liant au support en forme de feuille et, si souhaité, d'un deuxième support thermorétracté en forme de feuille en un polymère thermorétractable au-dessus de 150°C, disposé sur la surface de la couche de mica opposée au premier support en forme de feuille et fixé sur la couche de mica au moyen d'un liant.**
10. Conducteur électrique résistant aux décharges partielles pour des bobines de conducteurs électriques de machines et de transformateurs électriques, **caractérisé en ce que la bobine est constituée de conducteurs électriques connus en soi, en ce que ces conducteurs sont entourés d'une bande d'isolant contenant du mica et en ce que cette bande d'isolant est constituée d'un support thermorétracté en forme de feuille en un polymère thermorétractable au-dessus de 150°C, d'une couche de mica fixée au moyen d'un liant au support en forme de feuille et, si souhaité, d'un deuxième support thermorétracté en forme de feuille en un polymère thermorétractable au-dessus de 150°C, disposé sur la surface de la couche de mica opposée au premier support en forme de feuille et fixé sur la couche de mica au moyen d'un liant.**